

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01L 19/06, 9/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/13525 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Mai 1995 (18.05.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/01274		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 28. Oktober 1994 (28.10.94)		
(30) Prioritätsdaten: P 43 38 575.3 11. November 1993 (11.11.93) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).		
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): PETERS, Dethard [DE/DE]; Tropfauer Strasse 31, D-91315 Höchstadt (DE).		
(54) Title: METHOD OF PRODUCING A RECESS IN A SURFACE OF A SUBSTRATE, DEVICE FOR CARRYING OUT THE SAID METHOD AND USE OF THE PRODUCT THUS OBTAINED		
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERZUGEN WENIGSTENS EINER AUSNEHMUNG IN EINER OBERFLÄCHE EINES SUBSTRATS, VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS UND VERWENDUNG DES VERFAHRENSPRODUKTS		
(57) Abstract		
With the proposed method, a masking device (5) with an aperture (6) is placed on the substrate (8), the masking device (5) and the region to be etched (90) on the substrate surface (9) forming a hollow chamber (11) which communicates with the reaction chamber (4) only via the aperture (6). The recess (10) is produced with the aid of corrosive radicals produced in the reaction chamber. In this way, a recess (10) with a smooth and precisely adjustable depth contour is obtained.		

(57) Zusammenfassung

Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung wird auf das Substrat (8) eine Lochblendeneinrichtung (5) mit einer Öffnung (6) aufgesetzt, wobei die Lochblendeneinrichtung (5) und der zuätzende Bereich (9) der Substratoberfläche (9) einen Hohlraum (11) bilden, der nur über die Öffnung (6) mit einem Reaktionsraum (4) verbunden ist. Mit Hilfe von in dem Reaktionsraum erzeugten Ätzradikalen wird die Ausnehmung (10) in der Substratoberfläche erzeugt. Man erhält so eine Ausnehmung (10) mit einem glatten und exakt einstellbaren Tiefenprofil.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäß dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Gegrien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LJ	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

1

1 Beschreibung

- Verfahren zum Erzeugen wenigstens einer Ausnehmung in einer Oberfläche eines Substrats, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und Verwendung des Verfahrensprodukts
- 5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen wenigstens einer Ausnehmung in einer Oberfläche eines Substrats, einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und eine Verwendung des mit dem Verfahren hergestellten Substrats mit der Ausnehmung.

In vielen technischen Gebieten werden Membrane eingesetzt.
15 Ein wichtiges Anwendungsgebiet ist die Sensorik, bei der die Auslenkung oder Schwingung einer Membran zum Messen einer physikalischen Größe ausgenutzt wird. Beispiele dafür sind die meist in Silizium gefertigten Drucksensoren oder auch Schallsensoren. In allen Anwendungen ist zu
20 beachten, daß die Membran durch zu große Stoß- oder Druckeinwirkungen bei Überlast zerstört werden kann. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Membran aus einem relativ spröden Material wie Silizium besteht. Zur Überlastsicherung der Membran wird in der Regel ein Formbett
25 vorgesehen, an das sich die Membran im Überlastfall anlegen kann.

Es sind einige Verfahren zum Herstellen solcher Formbetten bekannt, bei denen in einer ebenen Oberfläche eines
30 Substrats eine Ausnehmung erzeugt wird.

Bei einem ersten Verfahren wird in der (100)-Oberfläche

- 1 eines Siliziumsubstrats durch anisotropes Naßätzen mit Kalilauge (KOH) eine Ausnehmung mit einem trapezförmigen Profil erzeugt. Im Überlastfall legt sich die Membran im mittleren Bereich des flachen Bodens der Ausnehmung an.
- 5 Die Stützfunktion des Formbettes kann daher nur in diesem kleinen mittleren Bereich wirken, so daß die Membran bei weiterer Beanspruchung zerstört werden kann.

Eine zweite Möglichkeit zum Herstellen solcher Formbetten besteht darin, durch mehrere, hintereinander ausgeführte Lithographieschritte mit Photolackmasken zunehmenden Durchmessers eine Ausnehmung mit treppenförmigem Profil in einem Siliziumsubstrat zu erzeugen. Durch Erhöhen der Anzahl der Lithographieschritte kann das Profil der Ausnehmung einem glatten Verlauf angenähert werden (WO 90/04701, insbesondere FIG. 3). Jedoch bleiben immer Stufen bestehen, die wegen ihrer Kerbwirkung problematisch sind. Außerdem ist das Verfahren wegen der vielen Prozeßschritte aufwendig und erfordert eine genaue Justierung der Ätzmasken bei jedem Lithographieschritt.

Auch mit Graubereichslithographie kann ein Formbett hergestellt werden. Bei diesem dritten Verfahren wird für das Substrat eine Maske mit einer Grauzone benötigt, die zum Zentrum der gewünschten Ausnehmung hin heller wird. Bei der Lithographie entsteht so unter geeigneten Belichtungsbedingungen ein Lackprofil mit zum Zentrum hin abnehmender Dicke. Beim anschließenden Ätzen des Substrats weicht die Lackmaske zurück und gibt immer mehr Substratflächen frei. Ein Nachteil dieses Herstellungsverfahrens liegt darin, daß das Zurückweichen der Lackmaske sich bestenfalls bis zu einer Größe von 10 bis 20 µm realisieren lässt. Damit ist das Verfahren nicht anwendbar, wenn

- 1 der Durchmesser des Formbetts wesentlich größer sein soll als seine Tiefe.
- 5 Eine vierte Möglichkeit zum Herstellen des Formbetts ist das mechanische Bearbeiten des Substrats durch Drehen, Fräsen, Schleifen, Polieren oder Strahlen. Die Präzision dieser Verfahren ist bei Profiltiefen von einigen μm unzureichend.
- 10 Zum Ätzen von Substratoberflächen sind Ätzverfahren bekannt, die als Trockenätzten bezeichnet werden. Das charakteristische Merkmal solcher Trockenätzprozesse ist die chemische Reaktion von Radikalen oder Ionen eines Ätzgases mit der Substratoberfläche unter Bildung eines flüchtigen Reaktionsproduktes. Die chemische Reaktion kann spontan, ionen-, elektronen- oder photoneninduziert sein. Die Ätzgasradikale werden im allgemeinen in einem Niederdruckplasma typischerweise zwischen 10^{-1} und 10^3 Pa erzeugt. Das reaktive Trockenätzten wird in diesen Fällen 20 deshalb oft auch als Plasmaätzen bezeichnet. Das Plasma kann durch ein elektromagnetisches Hochfrequenzfeld erzeugt werden, das entweder an Elektroden angelegt oder direkt als Mikrowellen zugeführt wird. Zur Durchführung des Trockenätzprozesses sind mehrere Plasma-Reaktortypen 25 bekannt. Alle Typen haben einen Rezipienten, in dem das zu ätzende Substrat angeordnet wird und der mit Anschlüssen zum Evakuieren und zum Zuführen des Ätzgases versehen ist. Bei einem ersten Reaktortyp, dem sogenannten Tunnelreaktor (Barrel reactor), ist innerhalb eines Gehäuses, das vorzugsweise aus Quarz besteht, eine hohlzyндrische, perforierte Abschirmung vorgesehen, die einen Tunnel bildet. Auf einander gegenüberliegenden Seiten ist die Abschirmung 30 von im Querschnitt etwa halbkreisförmigen Elektroden um-

1 geben. An die Elektroden wird mit Hilfe eines Hochfre-
quenzgenerators ein elektromagnetisches Hochfrequenzfeld
angelegt. Innerhalb der Abschirmung ist auf einem soge-
nannten Boot das zu ätzende Substrat angeordnet. Die Ab-
schirmung bewirkt, daß keine geladenen Teilchen (Elektro-
nen, Ionen) an das Substrat gelangen. Bei einem zweiten
5 Reaktortyp wird das Substrat auf der ebenen Oberfläche
einer in dem Rezipienten angeordneten Elektrode angeord-
net. Es kann nun in einer ersten bekannten Ausführungsform
10 die Elektrode mit dem Substrat geerdet sein und eine wei-
tere ebene Elektrode parallel zu der Elektrode mit dem
Substrat in dem Rezipienten angeordnet sein, die elek-
trisch mit dem Hochfrequenzgenerator verbunden ist. In
einer anderen bekannten Ausführungsform ist die Elektrode
15 mit dem Substrat selbst an den Hochfrequenzgenerator
angeschlossen und die zweite Elektrode geerdet. Es kann
allerdings auch das Gehäuse des Rezipienten geerdet sein
und somit als zweite Elektrode vorgesehen sein. Bei einem
dritten Reaktortyp werden die Gasradikale in einem Plasma-
20 raum mittels Mikrowellen erzeugt und über eine Zuleitung
in eine Ätzkammer geleitet, in der das zu ätzende Substrat
angeordnet ist. Eine Übersicht über diese und weitere
bekannte Reaktortypen sowie verschiedene Ausführungsformen
von Trockenätzverfahren gibt das Buch von Landolt-Börn-
25 stein: "Numerical Data and Functional Relationsship in
Science & Technology Group 3 -Chrystal & Solid State
Physics, Vol. 17, Semiconductors, Subvolume c, Technology
of Si, Ge und SiC", Tokyo 1984, Springer-Verlag, Seiten
319 bis 321, 326 bis 328 und 566 und 567.

30 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfah-
ren zum Erzeugen wenigstens einer Ausnehmung in einer
Oberfläche eines Substrats anzugeben. Die Ausnehmung soll

1 in ihrer Tiefe und in ihren lateralen Abmessungen präzise
und reproduzierbar einstellbar sein und ein glattes
Tiefenprofil aufweisen. Das Substrat mit der Ausnehmung
soll als Formbett für eine Membran verwendbar sein. Ferner
5 ist eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens an-
zugeben.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den
Merkmale des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 12 bzw. des
10 Anspruchs 7. In einem Trockenätzprozeß wird zunächst auf
die zu ätzende Substratoberfläche die Lochblendeneinrich-
tung aufgesetzt oder aufgebracht. Die Lochblendeneinrich-
tung deckt den Bereich der Substratoberfläche ab, in dem
die Ausnehmung zu erzeugen ist. Dabei bilden die Loch-
15 blendeneinrichtung und die Substratoberfläche einen Hohl-
raum, der nur über eine Öffnung in der Lochblendeneinrich-
tung mit dem Reaktionsraum verbunden ist. Somit können die
während des Ätzens in dem Reaktionsraum vorhandenen Ätz-
radikale nur noch durch die Öffnung in der Lochblendenein-
20 richtung zu dem zu ätzenden Bereich der Substratoberfläche
gelangen. Damit wird jedoch die Ätzrate in diesem zu
ätzenden Bereich ortsabhängig. Da sich die Ätzradikale
weitgehend geradlinig bewegen, ist die Ätzrate nämlich an
einem Ort innerhalb des zu ätzenden Oberflächenbereichs in
25 guter Näherung proportional zum Raumwinkel, unter dem man
von diesem Ort auf der Oberfläche den Reaktionsraum durch
die Öffnung der Lochbländeneinrichtung sehen kann. Die
Ätzrate ist in einem Zentrum des zu ätzenden Oberflächen-
bereichs direkt unterhalb der Öffnung der Lochblendenein-
30 richtung maximal und nimmt nach außen zu den Rändern hin
immer weiter ab. Dabei Überträgt sich die glatte, d.h.
stetig differenzierbare, Änderung des Raumwinkels direkt
auf die Ätzrate und damit auf das Ätzprofil. Es entsteht

1 somit eine Ausnehmung mit einem glatten, weichen Ätzprofil.

5 Vorteilhafte Ausgestaltungen gemäß der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Zur weiteren Erläuterung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

10 FIG 1 ein Substrat mit aufgesetzter Lochblendeneinrichtung im Querschnitt,
FIG 2 das Tiefenprofil einer Ausnehmung in der Substratoberfläche nach Entfernen der Lochblendeneinrichtung,
FIG 3 eine Ausführungsform einer Trockenätzvorrichtung zum Erzeugen einer Ausnehmung in dem Substrat und
15 FIG 4 und 5 eine Ausführungsform einer Vorrichtung mit einer zylindrischen Lochblendeneinrichtung und einer Ätzschutzschicht auf dem Substrat in der Draufsicht bzw. im Querschnitt
20 schematisch dargestellt sind. Entsprechende Teile sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

In der FIG 1 sind ein Substrat mit 8, seine Oberfläche mit 9, ein Bereich der Oberfläche 9 mit 90, eine in diesem Bereich 90 liegende Ausnehmung in der Oberfläche 9 mit 10, ein Punkt auf dem Boden dieser Ausnehmung 10 mit P, eine topfartige Lochblendeneinrichtung mit 5 mit einem sockelartigen Seitenteil 5a und einem Deckelteil 5b, eine Öffnung in dieser Lochblendeneinrichtung in dem Deckelteil 5b mit 6, der Durchmesser dieser Öffnung mit D, die der Dicke des Deckelteils 5b entsprechende Tiefe dieser Öffnung 6 mit b, eine Mittelachse der Öffnung 6 mit M, der Abstand der Öffnung 6 von der Oberfläche 9 des Substrats 8 mit a,

1 ein von der Lochblendeneinrichtung 5 und der Substratober-
flächen 9 eingeschlossener Hohlraum mit 11, ein jenseits
• des Hohlraums 11 auf der anderen Seite der Öffnung 6 lie-
gender Reaktionsraum mit 4 und ein von dem Punkt P durch
5 die Öffnung 6 gesehener Raumwinkelausschnitt mit A be-
zeichnet. Die Lochblendeneinrichtung 5 ist oben bis auf
die Öffnung 6 geschlossen und nach unten offen. Mit ihrem
ringsum geschlossenen Sockelteil 5a ist die Lochblendeneinrich-
tung 5 auf die Oberfläche 9 des Substrats 8 ent-
10 weder in vorgefertigter Form aufgesetzt oder durch Auf-
wachsen und Strukturieren entsprechender Schichten auf-
gebracht und wird in der Regel nach dem Erzeugen der Aus-
nehmung wieder entfernt. In der dargestellten vorteil-
haften Ausführungsform ist die zu ätzende Substratober-
15 fläche 8 eben und die Öffnung 6 in der aufgebrachten
Lochblendeneinrichtung 5 ist parallel zur Oberfläche 9
gerichtet. Die Gestalt der Öffnung 6 überträgt sich nun in
definiert unscharfer Form auf die Gestalt der erzeugten
Ausnehmung 10. Beispielsweise wird bei einer rechteckigen
20 Öffnung 6 die Ausnehmung 10 im wesentlichen rechteckig und
bei einer kreisrunden Öffnung 6 im wesentlichen auch
kreisrund sein.

25 Die Oberfläche 9 des Substrats 8 kann allerdings auch
beliebig gekrümmt sein. Die Lochblendeneinrichtung 5 ist
dann entsprechend der Oberfläche 9 anzupassen. Die Öffnung
6 kann auch zur Oberfläche 9 des Substrats 8 geneigt sein.
Man erhält dann ein asymmetrisches Tiefenprofil der Aus-
nehmung 10.

30 Durch einen einfliegenden Strom von Ätzgasradikalen aus
dem Reaktionsraum 4 durch die Öffnung 6 zur Oberfläche 9
entsteht nun während des Trockenätzprozesses in der darge-
stellten Ausführungsform eine Ausnehmung 10 in der Sub-

1 stratoberfläche 9, deren Tiefenprofil $t(r)$ in sehr guter
Näherung der Durchbiegung einer Membran entspricht.

5 Dieses Tiefenprofil $t(r)$ ist für eine kreisrunde Ausneh-
mung 10 in der FIG 2 nochmal näher dargestellt. Es kann
durch die Gleichung vierter Ordnung $t(r) = t_0 ((r/r_0)^2 - 1)^2$
beschrieben werden. r_0 ist der maximale Radius der Ausneh-
mung 10 bezogen auf die Mittelachse M der Öffnung 6 der
bereits entfernten und daher in FIG 2 nicht mehr darge-
10 stellten Lochblendeneinrichtung 5. Der maximale Radius r_0
ist abhängig von dem Durchmesser D, der Tiefe b der
Öffnung 6 und ihrem Abstand a von der Oberfläche 9 des
Substrats 8. Falls nun der seitliche Rand des Hohlraums
15 11, der von den Seitenwänden der Lochblendeneinrichtung 5
bestimmt ist, in einer radialen Richtung näher an der Mit-
telachse M liegt als der maximale Radius r_0 , so bricht das
Tiefenprofil an dieser Stelle des Randes ab. Der tat-
sächliche Radius der Ausnehmung 10 ist dann nur so groß
wie der mit R bezeichnete Abstand des Hohlraumrands von
20 der Mittelachse M. Ihre maximale Tiefe t_0 hat die Ausneh-
mung 10 entlang der Mittelachse M. Diese maximale Tiefe t_0
ist durch die Ätzzeit einstellbar.

25 Zum Ätzen der Ausnehmung 10 ist in allen Ausführungsformen
das Bereitstellen von Ätzgasradikalen in dem Reaktionsraum
4 notwendig. Diese Ätzgasradikale reagieren chemisch mit
dem Material des Substrats 8 unter Bildung eines gasförmigen,
flüchtigen Reaktionsprodukts. Typischerweise werden
30 Halogenverbindungen als Ätzgas wegen der hohen Reaktivität
der Halogenradikale, insbesondere der Fluor- und Chlor-
radikale, verwendet. Ätzbar sind alle Substratmaterialien,
für die es geeignete Ätzgase gibt. Vorzugsweise werden als
Materialien für das Substrat 8 Halbleitermaterialien wie

1 Silicium (Si), Germanium (Ge) oder auch Siliciumcarbid (SiC) vorgesehen. Es können allerdings auch Substrate 8 aus Metallen oder Isolatoren geätzt werden.

5 Die Ätzgasradikale werden in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform in einem Niederdruckplasma erzeugt. Unter Niederdruck wird dabei ein Druck von 0,01 bis 1000 Pa und vorzugsweise 0,1 bis 100 Pa verstanden. Das Niederdruckplasma kann in einer von dem Reaktionsraum 4 getrennten Plasmakammer erzeugt werden. Die entstandenen Ätzgasradikale werden dann über eine Gasleitung in den Reaktionsraum 4 geleitet. In einer anderen Ausführungsform wird das Niederdruckplasma direkt innerhalb des Reaktionsraumes 4 erzeugt.

10

15 Zum Erzeugen des Niederdruckplasmas und damit der Ätzgasradikale ist prinzipiell jeder bekannte Plasmareaktor verwendbar. Eine Übersicht über die gängigen Reaktortypen gibt das Buch von Landolt und Börnstein, a.a.O., das als in die Offenbarung der hier vorliegenden Anmeldung miteinbezogen gelten soll.

20

25 In der FIG 3 ist ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Parallelplattenreaktor veranschaulicht. In einem Rezipienten 2 sind zwei parallele Platten als Elektroden 30 und 31 angeordnet. Zwischen den Elektroden 30 und 31 liegt der Reaktionsraum 4. Auf der unteren Elektrode 30 wird das Substrat 8 mit der Lochblendeneinrichtung 5 angeordnet. Die Lochblendeneinrichtung 5 wird in der Regel vor dem Einbringen des Substrats 8 in den Rezipienten 2 auf das Substrat 8 als Ganzes aufgesetzt. Die Elektrode 30 mit dem Substrat 8 ist über einen Kondensator an einen Hochfrequenzgenerator 23

30

1 angeschlossen, die andere Elektrode 31 und das Gehäuse des Rezipienten 2 sind geerdet. Über einen Saugstutzen 22 wird der Rezipient 2 evakuiert und über einen Zuführstutzen 21 mit Ätzgas beschickt. Es wird ein bestimmter niedriger

5 Druck eingestellt, der im allgemeinen so klein ist, daß die mittlere freie Weglänge der in dem Reaktionsraum 4 erzeugten Ätzgasradikale größer ist als der Abstand a der Öffnung 6 zur Substratoberfläche 9 und zumindest so groß, daß die Ätzgasradikale den Hohlraum 11 zur Oberfläche 9

10 durchqueren können.

In den FIG. 4 und 5 ist eine besonders vorteilhafte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens in einer Draufsicht bzw. im Querschnitt dargestellt. Auf die Oberfläche 9 des Substrats 8 ist eine Ätzschutzschicht 14 aufgebracht. Diese Ätzschutzschicht 14 wurde derart strukturiert, daß ein kreisrunder Ätzbereich 91 der Oberfläche 9 mit Radius r_1 freigelegt ist und vorzugsweise vier Justiermarken 15 radialsymmetrisch zum Ätzbereich 91 erzeugt sind. Es wird nun eine zylindersymmetrische Lochblendeneinrichtung 5 wie ein umgestülppter Zylindertopf auf die Ätzschutzschicht 14 aufgesetzt. Dieser Zylindertopf kann als Drehteil beispielsweise aus Aluminium gefertigt sein. In dem Boden des Zylindertopfes ist die Öffnung 6 vorgesehen, die kreisrund ausgebildet ist und deren Mittelachse M gleich der Zylinderachse des Zylindertopfes ist. Die Lochblendeneinrichtung 5 wird nun mit Hilfe der Justiermarken 15 beispielsweise von Hand unter einem Mikroskop so justiert, daß die Mittelachse M ihrer Öffnung 6 senkrecht durch den Mittelpunkt des kreisrunden Ätzbereichs 91 verläuft. In dieser Ausführungsform wird der Rand der Ausnehmung 10 genau durch den in der Ätzschutzschicht 14 gebildeten Ätzbereich 91 definiert.

11

- 1 Das Ätztiefenprofil wird für einen Radius $r_1 < r_0$ damit an dem Rand des Ätzbereichs 91 senkrecht abgeschnitten, d.h. es gilt $t(r) = t_0 ((r/r_0)^2 - 1)^2$ für $r < r_1$ und $t(r) = 0$ für $r \geq r_1$. Die Ätzschutzschicht 14 kann nach dem Abheben der Lochblendeneinrichtung 5 wieder entfernt werden. Bei einem Substrat 8 aus Si ist beispielsweise eine Ätzschutzschicht 14 aus SiO_2 geeignet. Das Substrat 8 kann mit gepufferter Flußsäure hinterher restlos entschichtet werden.
- 5
- 10 Typische Abmessungen der Ausnehmung 10 betragen vorzugsweise etwa 10 µm bis 1 mm für ihre lateralen Abmessungen, insbesondere r_0 oder r_1 oder R, und vorzugsweise etwa 5 µm bis 50 µm für ihre maximale Tiefe t_0 .
- 15 Es kann auch in einer nicht dargestellten Ausführungsform eine Lochblendeneinrichtung 5 mit mehreren Öffnungen vorgesehen werden. Das Tiefenprofil der Ausnehmung 10 ergibt sich dann als Überlappung (Faltungsintegral) der Einzelprofile für die einzelnen Öffnungen 6, wenn die Öffnungen
- 20 6 nahe genug beieinander liegen. Wenn die Abstände der Öffnungen 6 zueinander hinreichend groß sind, können mit dieser Lochblendeneinrichtung 5 mehrere Ausnehmungen 10 mit den Einzeltiefenprofilen der entsprechenden Öffnungen 6 erzeugt werden. Außerdem ist es auch möglich, mehrere
- 25 Lochblendeneinrichtungen 5 auf eine Oberfläche 9 eines Substrats 8 nebeneinander aufzusetzen oder aufzubringen.

Als Material für die Lochblendeneinrichtung 5 sind vorzugsweise Metalle zu wählen wie beispielsweise Aluminium (Al), Eisen (Fe), Nickel (Ni), Titan (Ti), Molybdän (Mo) oder auch Chrom (Cr).

1 Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen wenigstens einer Ausnehmung (10) in einer Oberfläche (9) eines Substrats (8) mit folgenden
5 Verfahrensschritten:
 - a) Das Substrat (8) wird in einem Reaktionsraum (4) angeordnet;
 - b) auf die Oberfläche (9) des Substrats (8) wird eine Lochblendeneinrichtung (5) mit wenigstens einer Öffnung (6) derart aufgesetzt oder aufgebracht, daß nach dem Aufsetzen bzw. Aufbringen zwischen dem Bereich (90) der Oberfläche (9), in dem die Ausnehmung (10) zu erzeugen ist, und der Lochblendeneinrichtung (5) ein Hohlraum (11) entsteht, der nur über die Öffnung (6) mit dem Reaktionsraum (4) verbunden ist;
 - c) in dem Reaktionsraum (4) werden Ätzgasradikale vorgesehen, die chemisch mit dem Material des Substrats (8) unter Bildung eines flüchtigen Reaktionsprodukts reagieren können.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, daß durch gesehen kennzeichnet, daß auf die Oberfläche (9) des Substrats (8) eine Ätzschutzschicht (14) aufgebracht wird und diese Ätzschutzschicht (14) in einem Ätzbereich (91) der Oberfläche (9), in dem die Ausnehmung (10) zu erzeugen ist, vor dem Aufbringen der Lochblendeneinrichtung (5) wieder entfernt wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 2, daß durch gesehen kennzeichnet, daß in der Ätzschutzschicht (14) zusätzlich Justiermarken (15) zum Justieren der Lochblendeneinrichtung (5) erzeugt werden.

- 1 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß ein
Substrat (8) aus einem Halbleitermaterial vorgesehen wird.
- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die
Ätzgasradikale in einem Niederdruckplasma erzeugt werden.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die
Lochblendeneinrichtung (5) in vorgefertigter Form auf die
Oberfläche (9) des Substrats (8) aufgesetzt wird.
- 15 7. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß die Öffnung (6) der
Lochblendeneinrichtung (5) nach dem Aufbringen der Loch-
blendeneinrichtung (5) in einem vorgegebenen Abstand (a)
parallel zum Bereich (90) der Oberfläche (9), in dem die
20 Ausnehmung (10) zu erzeugen ist, angeordnet ist.
- 25 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Öffnung (6) nach dem
Aufbringen der Lochblendeneinrichtung (5) über einer Mitte
des Bereichs (90) zu liegen kommt.
- 30 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, da-
durch gekennzeichnet, daß die Loch-
blendeneinrichtung (5) die Gestalt eines Zylindertopfes
hat, die Öffnung (6) kreisförmig ausgebildet ist und die
Mittelachse (M) der Öffnung (6) mit der Zylinderachse des
Zylindertopfes zusammenfällt.

14

- 1 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (6) von rechteckiger Gestalt ist.
- 5 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lochblendeneinrichtung (5) aus einem Metall besteht.
- 10 12. Verwendung eines Substrats (8) mit einer nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 erzeugten Ausnehmung (10) als Formbett für eine Membran.
- 15 13. Verwendung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran Teil eines Drucksensors ist.

20

25

30

1/3

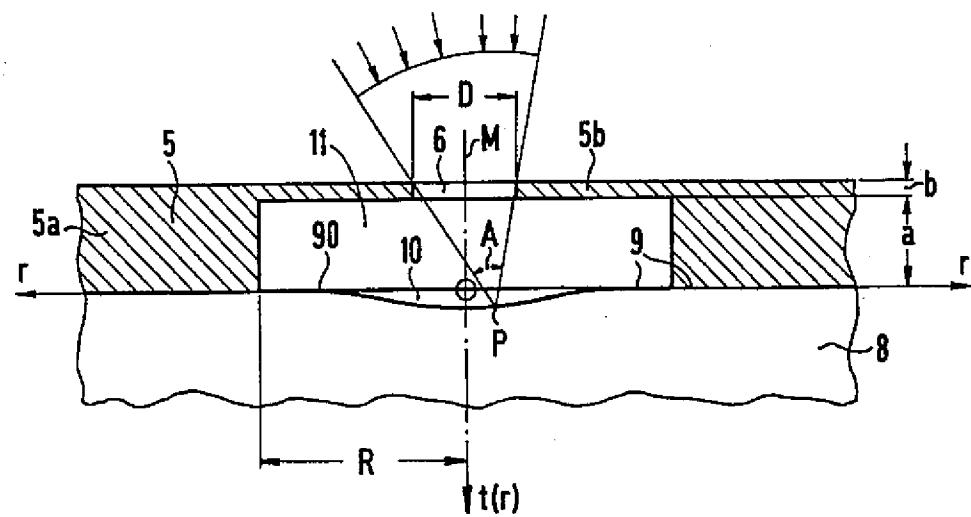


FIG 1

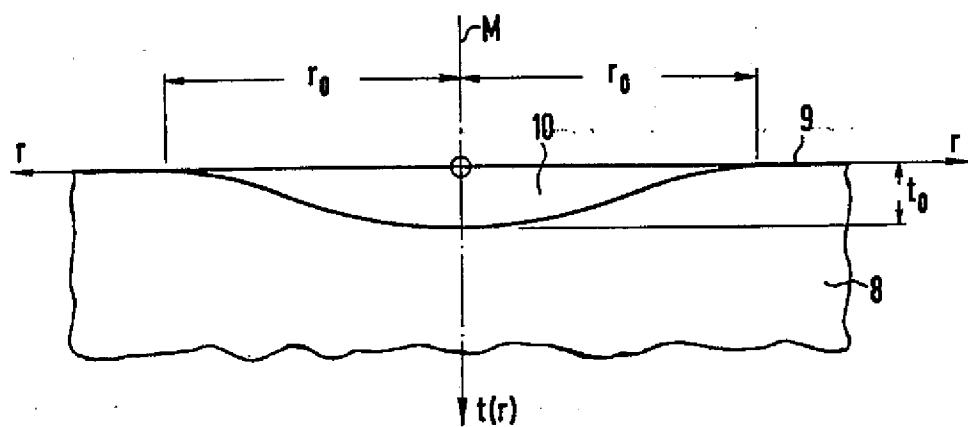


FIG 2

2/3

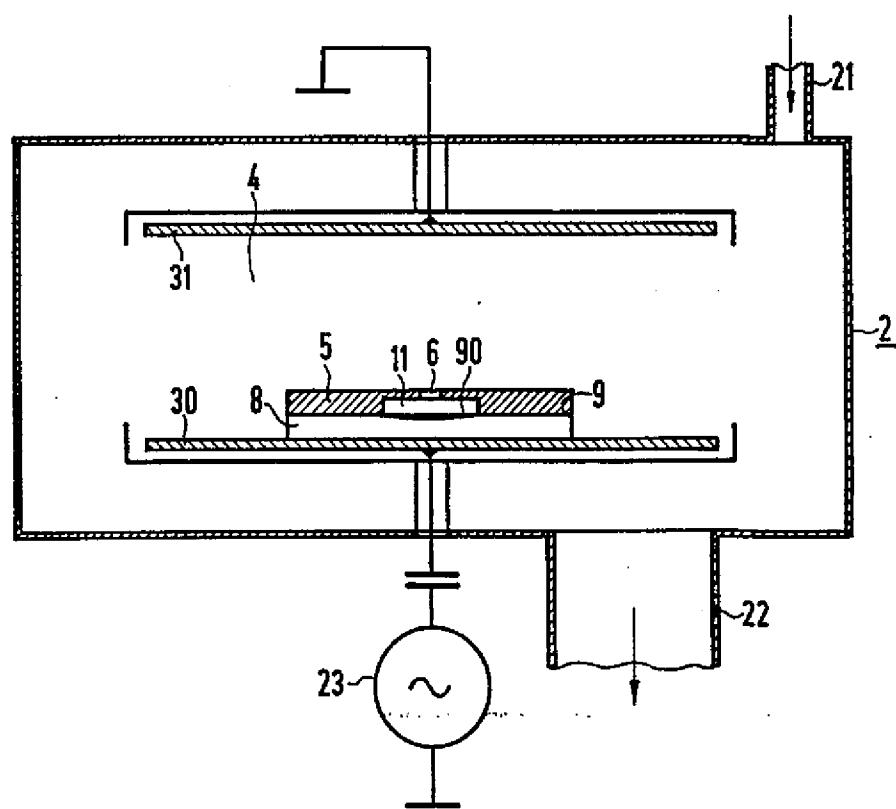


FIG 3

3/3

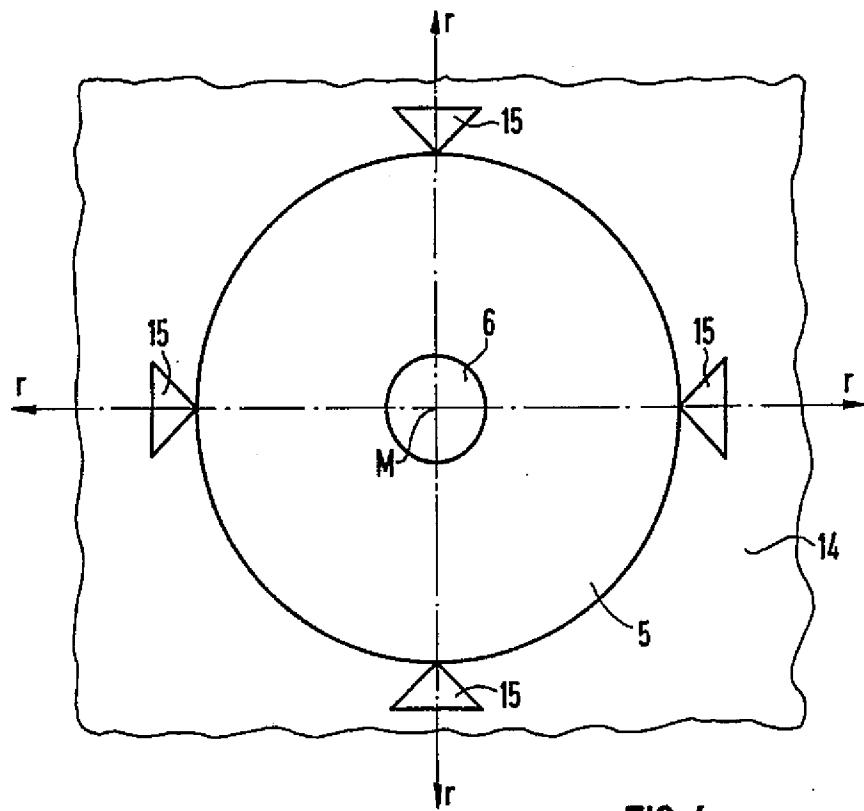
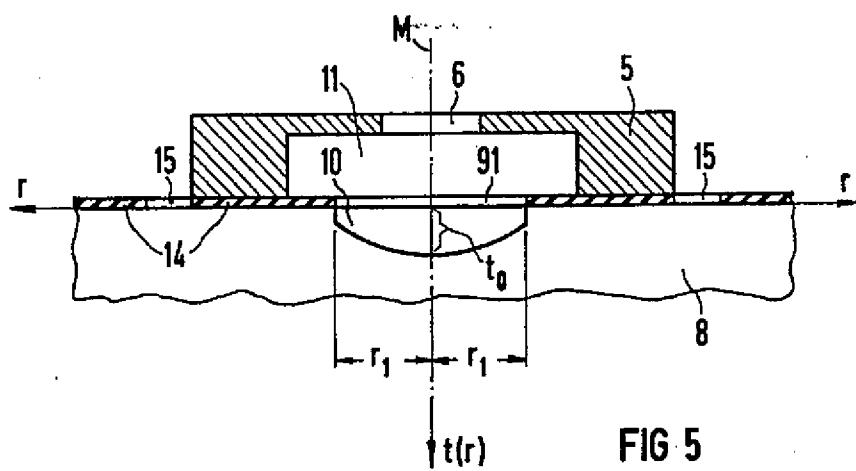


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 94/01274

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01L19/06 G01L9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 237 844 (BBC AG) 23 September 1987 see the whole document	1,2,4-6
A	WO,A,93 17440 (SIEMENS AG) 2 September 1993 see page 5, line 29 - page 6, line 20; figure 1	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 369 (P-525) (2426) 10 December 1986 & JP,A,61 161 431 (YOKOGAWA HOKUSHIN ELECTRIC CORP.) 22 July 1986 see abstract	1,2

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

28 February 1995

08.03.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zafiroopoulos, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 94/01274

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-0237844	23-09-87	JP-A-	62224028	02-10-87
		US-A-	4764249	16-08-88
WO-A-9317440	02-09-93	DE-C-	4206677	02-09-93
		EP-A-	0628209	14-12-94

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen
PCT/DE 94/01274

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 GO1L19/06 GO1L9/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 GO1L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 237 844 (BBC AG) 23. September 1987 siehe das ganze Dokument ---	1,2,4-6
A	WO,A,93 17440 (SIEMENS AG) 2. September 1993 siehe Seite 5, Zeile 29 - Seite 6, Zeile 20; Abbildung 1 ---	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 369 (P-525) (2426) 10. Dezember 1986 & JP,A,61 161 431 (YOKOGAWA HOKUSHIN ELECTRIC CORP.) 22. Juli 1986 siehe Zusammenfassung ---	1,2

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28. Februar 1995

08.03.95

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zafiroopoulos, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. als Aktenzeichen

PCT/DE 94/01274

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP-A-0237844	23-09-87	JP-A-	62224028	02-10-87
		US-A-	4764249	16-08-88
WO-A-9317440	02-09-93	DE-C-	4206677	02-09-93
		EP-A-	0628209	14-12-94